

## СОЗДАНИЕ МОДУЛЬНЫХ ПЛАТ ФВЧ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЧЕБНОЙ УСТАНОВКИ NI ELVIS II

**Верховцев А.Ю.**

*Уральский технический институт связи и информатики (филиал) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики», Екатеринбург, Россия (620109 Россия, г. Екатеринбург, ул. Репина, 15).*

**Аннотация:** Настоящая статья посвящена разработке модульных плат фильтров верхних частот и исследованию их характеристик. Создание модульных плат проводилось в несколько этапов: расчет элементов, моделирование ФВЧ, подбор радиоэлементов в соответствии с расчетами и монтаж фильтров на печатные платы. Для создания модульных плат был выбран ФВЧ Чебышева, поскольку отличительной особенностью этих фильтров является более крутой спад амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) и существенные пульсации амплитудно-частотной характеристики на частотах полос пропускания и подавления, чем у фильтров других типов. Создание модульных плат свелось к решению поставленных задач, а именно произвести расчет элементов, смоделировать фильтры в ПО Multisim, подобрать радиоэлементы в соответствии с расчетами и произвести монтаж фильтров на печатные платы. Таким образом было создано восемь модульных плат ФВЧ с разными частотами среза. По итогу работы модульные платы были проверены на учебной установке NI ELVIS II путем снятия АЧХ фильтров. Снятые характеристики соответствовали теоретическим расчетам.

**Ключевые слова:** ФВЧ, модульная плата, фильтр, АЧХ, схема.

## CREATE MODULAR HPF BOARDS FOR EDUCATIONAL RESEARCH WITH INSTALLATION NI ELVIS II

**Verkhovtsev A.Y.**

*Ural Institute of Communications and Informatics (branch) Federal State Institution of Higher Education "Siberian State University of Telecommunications and Informatics", Ekaterinburg, Russia (620 109 Russia, Ekaterinburg, street Repin, 15).*

**Abstract:** This article is devoted to the development of modular circuit boards of high pass filters and study their characteristics. Creating a modular boards conducted in several stages: the calculation of the elements, modeling HPF, selection of radio in accordance with the calculations and installation of filters on printed circuit boards. To create a modular boards Chebyshev HPF has been selected as a distinctive feature of these filters is a steeper decline in the amplitude-frequency characteristic (AFC) and substantial ripple frequency response at the frequencies and bandwidths suppression than the other types of filters. Creating a modular boards reduced to the solution of tasks, namely to calculate the elements, to simulate filters in the software Multisim, pick up the radioactive elements in accordance with the calculations and produce the installation of filters on printed circuit boards. Thus was created the HPF eight modular boards with different cutoff frequencies. The outcome of modular boards was tested for learning installing NI ELVIS II by removing the filter frequency response. Previous theoretical calculations matched characteristics.

**Key words:** HPF, modular board, filter, amplitude frequency characteristic (AFC), scheme.

## **Введение**

Жизнь современного общества практически невозможна без хорошо развитой электрической связи. В передаче и приеме самой разнообразной информации нуждаются: промышленность, транспорт, предприятия культуры и образования, без связи невозможно организовать оборону страны, обеспечить необходимое общение населения друг с другом.

Современная связь обеспечивается совокупностью электротехнических и электронных устройств различной сложности, состоящих из элементов, к которым приложены электрические напряжения и протекающие электрические токи. Сколь угодно сложные электронные устройства, в конечном счете, состоят из разнообразных электрических цепей, обладающих вполне определенными свойствами. Таким образом, чтобы разрабатывать, изготавливать или эксплуатировать различную аппаратуру связи, следует, прежде всего, знать процессы, проходящие в электрических цепях при различных условиях, а также законы, которым подчиняются эти процессы.

Многие из таких законов изучаются в дисциплине «Теория электрических цепей». Как самостоятельная дисциплина, ТЭЦ возникла в учебных заведениях в 60-е годы и внесла большой вклад в теорию электрической связи.

По данной дисциплине в Уральском техническом институте связи и информатики (УрТИСИ «СибГУТИ») проводится большой комплекс лабораторных работ. В том числе работы выполняются на аппаратно-программном комплексе NI ELVIS II.

NI ELVIS II использует приборы, разработанные в программной среде LabVIEW, специально спроектированную настольную рабочую станцию и макетную плату, которые обладают функциональностью комплекта наиболее распространенных лабораторных приборов.

Макетная плата NI ELVIS II соединяется с рабочей станцией. На макетной плате расположена зона для сборки электронных схем, а также необходимые элементы для подключения к источникам сигналов в большинстве применений. Имеется возможность поочередно использовать различные макетные платы с рабочей станцией NI ELVIS II, что очень расширяет диапазон выполняемых работ.

Также в институте проводятся лабораторные работы с электрическими фильтрами. Поэтому было принято решение о создании модульных плат по исследованию ФВЧ Чебышева.

## **Цель и метод исследования**

Целью работы является создание модульных плат ФВЧ (с разными частотами среза) для исследований их амплитудно-частотной характеристики с использованием учебной установки NI ELVIS II.

Для достижения поставленной цели необходимо было выполнить ряд задач, поскольку создание модульных плат производится в несколько этапов:

1. Расчет элементов схемы;
2. Моделирование фильтров в ПО NI Multisim;

3. Подбор радиоэлементов в соответствии с расчетами;
4. Монтаж фильтров на печатные платы;
5. Проверка фильтров на NI ELVIS II, путем снятия АЧХ.

Снятие амплитудно-частотных характеристик проводилось с использованием учебной установки NI ELVIS II, а также фирменного программного обеспечения компании National Instruments.

### Расчет ФВЧ Чебышева

Фильтр Чебышева - один из типов линейных аналоговых или цифровых фильтров, отличительной особенностью которого является более крутой спад амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) и существенные пульсации амплитудно-частотной характеристики на частотах полос пропускания (фильтр Чебышева I рода) и подавления (фильтр Чебышева II рода), чем у фильтров других типов. Фильтр получил название в честь известного русского математика XIX века Пафнутия Львовича Чебышева, так как характеристики этого фильтра основываются на многочленах Чебышева.

Фильтры Чебышева обычно используются там, где требуется с помощью фильтра небольшого порядка обеспечить требуемые характеристики АЧХ, в частности, хорошее подавление частот из полосы подавления, и при этом гладкость АЧХ на частотах полос пропускания и подавления не столь важна.

Как правило, расчет производят путем преобразования НЧ-прототипа ФНЧ в ФВЧ, используя методику денормирования параметров фильтра.

По расчетным данным построена амплитудно-частотная характеристика фильтра (для частоты среза 20 кГц), изображенная на рисунке 1.

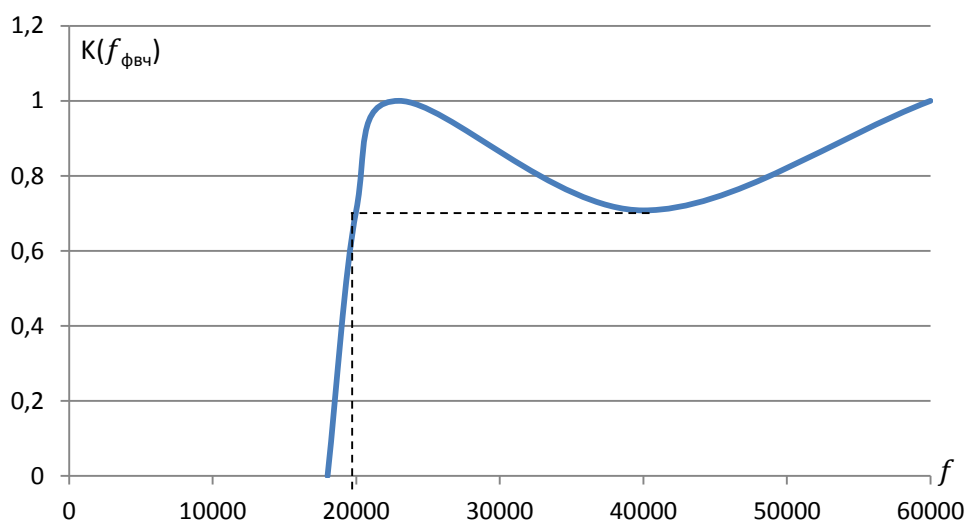


Рисунок 1 – АЧХ ФВЧ третьего порядка с  $f_c = 20$  кГц

### Моделирование схемы ФВЧ

В качестве программной среды для моделирования было выбрано программное обеспечение NI Multisim компании National Instruments. Главная особенность NI Multisim – простой наглядный интерфейс, мощные средства графического анализа результатов

моделирования, наличие виртуальных измерительных приборов, копирующих реальные аналоги.

Для проверки работоспособности модели фильтра в среде Multisim к схеме был подключен генератор сигнала произвольной формы и плоттер Боде. Схема фильтра в среде Multisim изображена на рисунке 2.

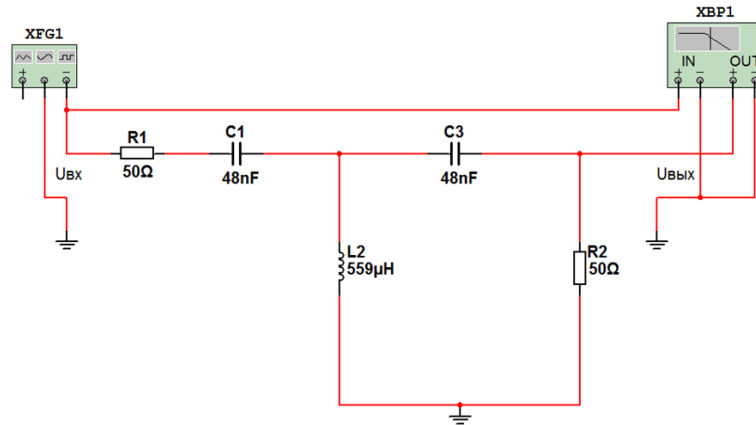


Рисунок 2 – Схема исследования ФВЧ в среде Multisim

Снятое АЧХ моделируемого фильтра представлена на рисунке 3.

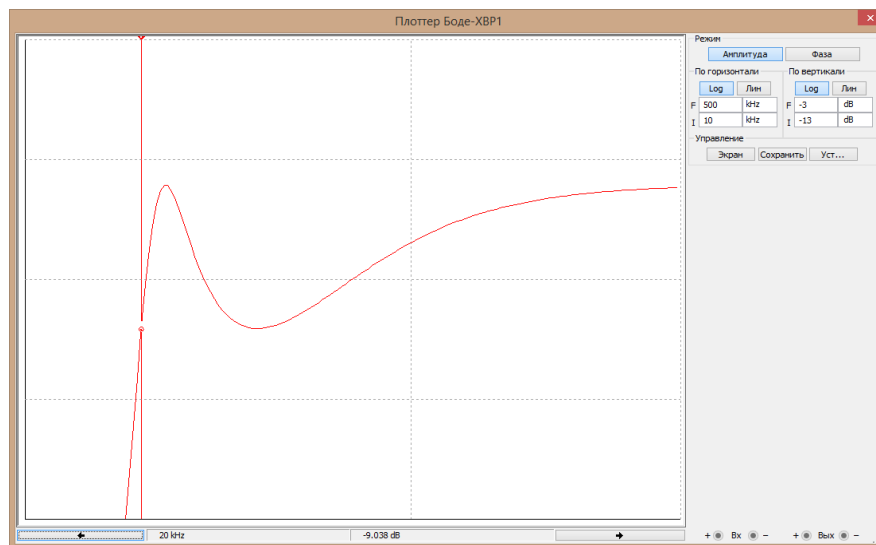


Рисунок 3 – АЧХ ФВЧ Чебышева третьего порядка с  $f_c = 20$  кГц

По графику на рисунке 3 видно, что среза фильтра  $f_c = 20$  кГц.

Необходимые требования и расчеты для ФВЧ были выполнены, следующим этапом будет проверка фильтра на реальных элементах и монтаж схемы.

### Сборка и исследование ФВЧ на учебной установке ELVIS II

Поскольку рассчитанные номиналы элементов не подходили по ГОСТу, необходимо было подобрать нужное значение путем последовательного или параллельного соединения элементов.

В ходе исследования выявилось несоответствие частоты среза от требуемой из-за возникшего явления взаимной индуктивности. Для выравнивания частоты среза

необходимо было методом подбора подобрать необходимое расстояние между индуктивностями, а также их номиналы. После подбора удалось с некоторой погрешностью установить в фильтре требуемую частоту среза примерно.

После подбора всех необходимых элементов, соблюдая технику безопасности, был собран ФВЧ на установке ELVIS II по схеме, изображенной на рисунке 4. Для соединения элементов между собой применяются монтажные провода.

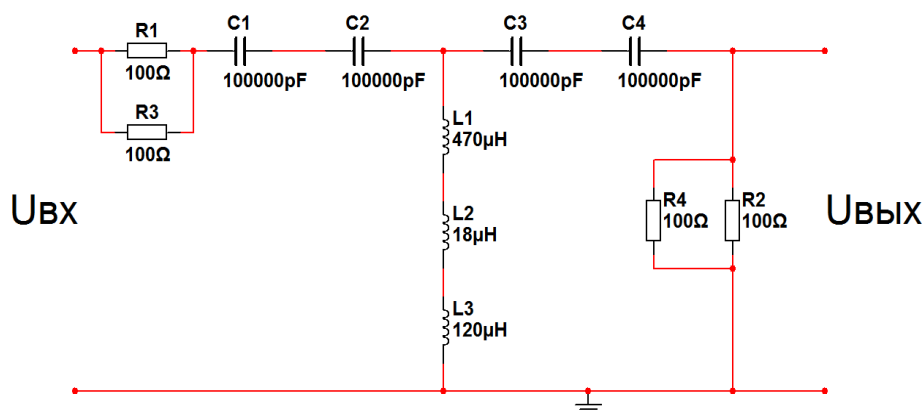


Рисунок 4 – Схема ФВЧ с подобранными элементами (для  $f_c = 20$  кГц)

Далее проводится снятие АЧХ и определение частоты среза (рисунок 5).

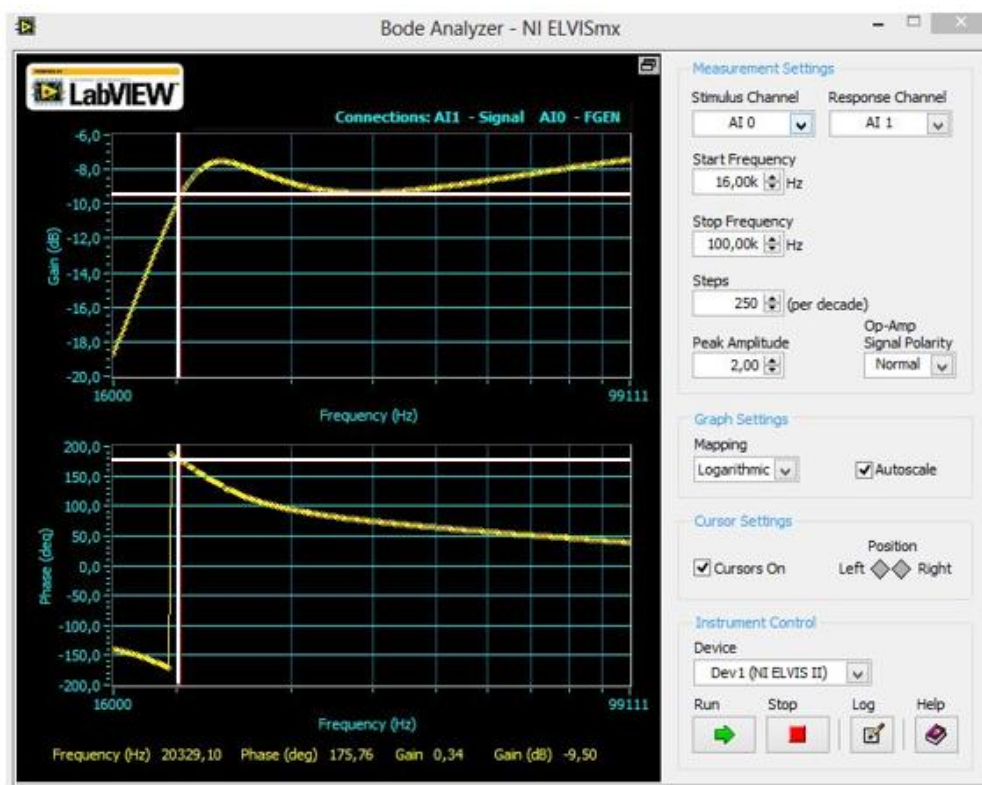


Рисунок 5 – АЧХ ФВЧ

Из графика видно, что частота среза равняется примерно 20 кГц.

Поскольку фильтр является двусторонне нагруженным, то изменив значение сопротивления нагрузки, произойдет рассогласование фильтра, что приведет к изменению значений частот на важных участках.

## Монтаж ФВЧ на плату

Заключительным этапом в проектировании фильтра является его монтаж.

Поскольку фильтр будет использоваться в учебных целях, в схему фильтра будут добавлена система переключения сопротивления. Монтаж ФВЧ осуществляется на макетную плату размером 5 на 7 см с отверстиями под выводы элементов. Схема электрическая принципиальная ФВЧ представлена на рисунке 6.

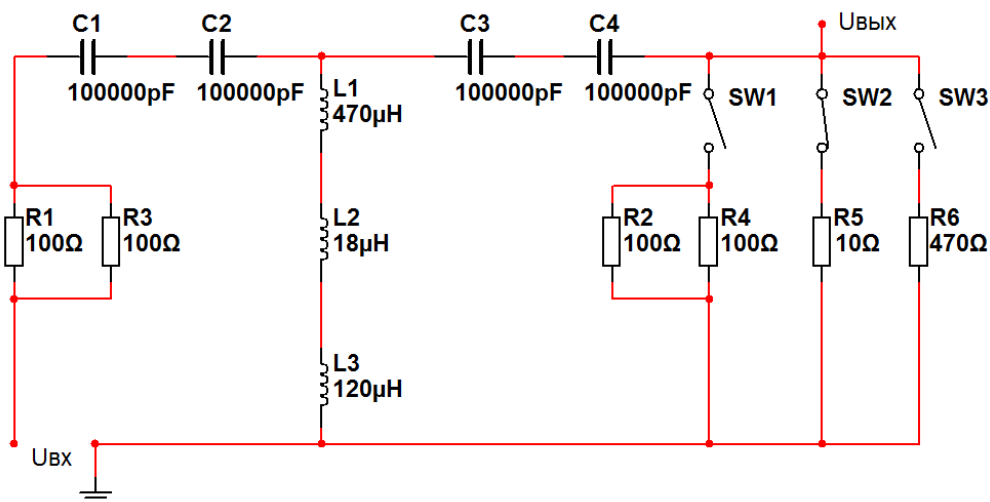


Рисунок 6 – Схема электрическая принципиальная ФВЧ ( $f_c = 20$  кГц)

## Заключение

В ходе работы были выполнены все поставленные задачи, а именно:

1. Расчет элементов схемы;
2. Моделирование фильтров в ПО NI Multisim;
3. Подбор радиоэлементов в соответствии с расчетами;
4. Монтаж фильтров на печатные платы;
5. Проверка фильтров на NI ELVIS II, путем снятия АЧХ.

В ходе исследования выявлена значимость согласования двусторонне нагруженного фильтра с сопротивлением нагрузки.

Таким образом, было спроектировано и смонтировано восемь модульных плат ФВЧ Чебышева третьего порядка с разными частотами среза.

Данные модульные платы будут использоваться в учебном процессе для повышения наглядности изучаемого материала и качества подготовки студентов ФГБОУ ВО СибГУТИ УрТИСИ (филиал) по дисциплине «Теория электрических цепей».

## Список литературы

1. Шебес М. Р., Каблукова М.В. Задачник по теории линейных электрических цепей: Учеб. пособ. для электротехнич., радиотехнич. спец. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 544 с.: ил.

2. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Радио и связь, 1986.
3. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Советское радио, 1977.
4. 4.Самойло К.А. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Радио и связь, 1982.
5. J. D. Rhodes. Theory of Electrical Filters, США, 1976.

#### **References**

1. Shebes M.R., Kablukova M.V. Book of Problems the theory of linear electrical circuits: Training allowance for Electrotechnical., radiotekhnich. specialist. institute., 4th ed., rev. and add.- М.: Higher. sch., 1990.- 544 p.: ill.
2. Gonorovsky I.S. Radio Circuits and Signals. М.: Radio and Communications, 1986.
3. Gonorovsky I.S. Radio Circuits and Signals. М.: Soviet Radio, 1977.
4. Samoilo K.A. Radio Circuits and Signals. М.: Radio and Communications, 1982.
5. J. D. Rhodes. Theory of Electrical Filters, USA, 1976.